

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 032. Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso mediante la Máquina de Los Ángeles

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar mediante la máquina de Los Ángeles, la resistencia a la degradación de los agregados pétreos para concreto hidráulico, a que se refiere la Norma N·CMT-2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP-2·02·019, *Muestreo de Agregados Pétreos*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar la resistencia a la degradación por trituración de los materiales pétreos empleados en el concreto hidráulico, colocando una muestra dentro de un cilindro giratorio, en donde es sometida al impacto de esferas metálicas durante un tiempo determinado, midiendo la variación granulométrica de la muestra como la diferencia entre la masa que pasa la malla N°12 (1,7 mm de abertura), antes y después de haber sido sometida a este tratamiento.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMA Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico.....	N·CMT·2·02·002
Muestreo de Agregados Pétreos	M·MMP·2·02·019
Granulometría de Agregados Pétreos	M·MMP·2·02·020

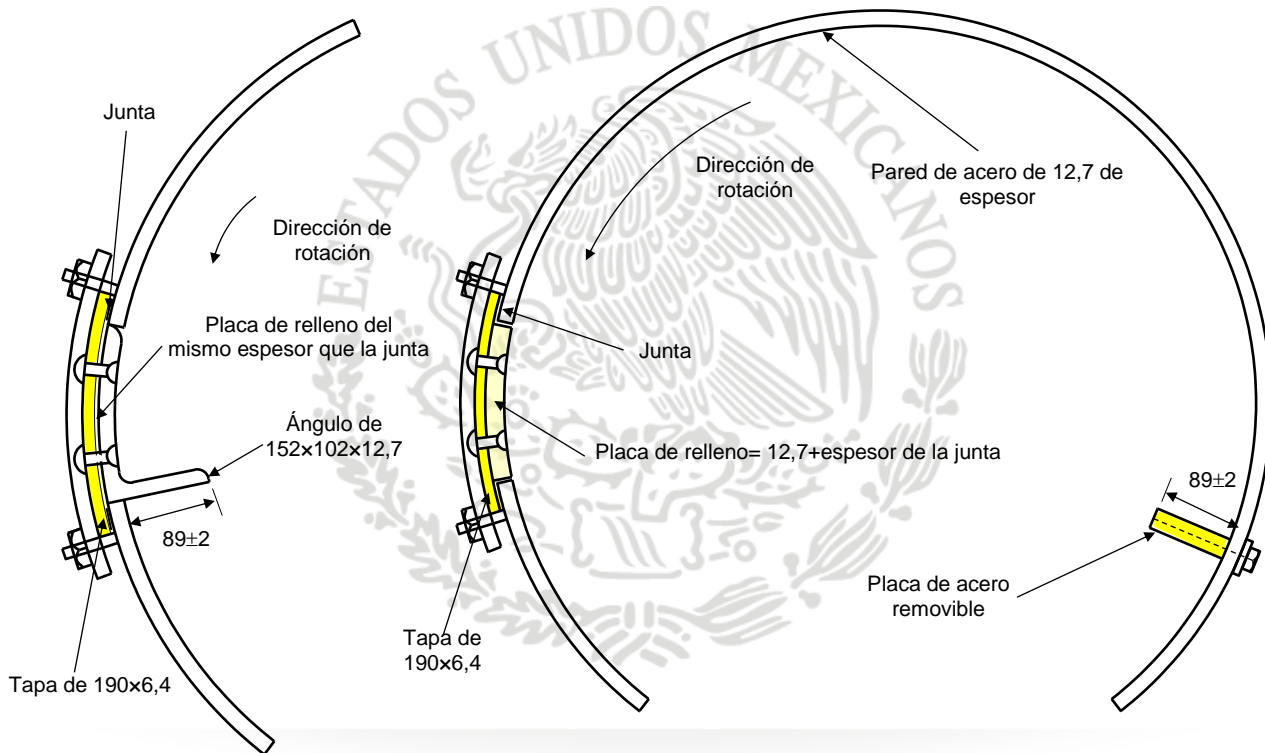
D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Constituida por un cilindro de acero, hueco y cerrado en ambos extremos, con diámetro y longitud interiores de 710 ± 5 y 510 ± 5 mm, respectivamente, montado sobre dos soportes ubicados al centro de sus caras paralelas, que le permitan girar sobre su eje de simetría en posición horizontal con una velocidad angular de 30 a 33 rpm. El cilindro tendrá una abertura que permita introducir la muestra de prueba y las esferas metálicas, con una tapa de cierre hermético diseñada con la misma curvatura del cilindro para que la superficie interior del mismo sea continua y uniforme; además tendrá en su parte interior una placa de acero removible de 25,4 mm de espesor, que se proyecte radialmente 90 ± 2 mm en toda la longitud interior del cilindro, en lugar de la placa se puede emplear un ángulo de acero integrado a la tapa, de $152 \times 102 \times 12,7$ mm y contará con un

motor de 745,7 W (1 hp) de potencia como mínimo y con un dispositivo para registrar el número de revoluciones que dé el cilindro, como se muestra en la Figura 1 de este Manual.



Disposición del entrapaño en la tapa

Diseño más conveniente

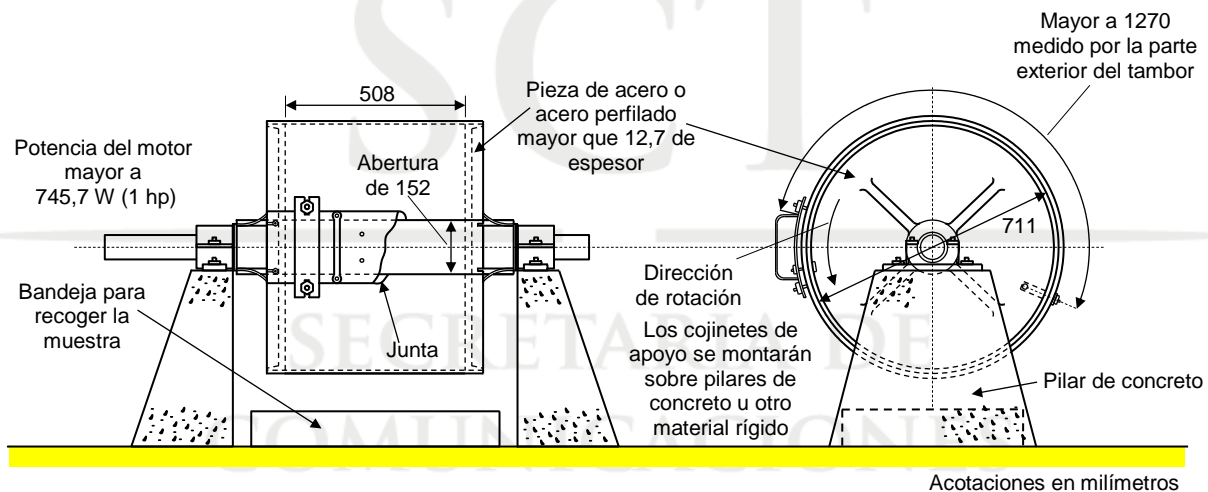


FIGURA 1.- Máquina de Los Ángeles

D.2. CARGA ABRASIVA

Esferas de hierro fundido o acero, con un diámetro promedio de 47 mm y una masa de entre 390 y 445 g cada una.

D.3. JUEGO DE MALLAS (CRIBAS)

Fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable de diversos calibres, tejidos en forma de cuadrícula, con las aberturas indicadas en la Tabla 1 de este Manual. El tejido estará sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o latón, de 206 ± 2 mm de diámetro interior y 68 ± 2 mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante un sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor. Para el caso del agregado grueso y con el propósito de facilitar su cribado, se podrán utilizar mallas con bastidor cuadrado de 400 mm o más por lado.

TABLA 1.- Juego de mallas

Unidades en mm

Malla		Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla	Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla	Abertura máxima individual permisible	Diámetro nominal del alambre ^[1]
Designación	Abertura nominal				
3 in	75,0	$\pm 2,2$	78,1	78,7	5,80
2 ½ in	62,5	$\pm 1,9$	65,6	66,2	5,50
2 in	50,0	$\pm 1,5$	52,1	52,6	5,05
1½ in	37,5	$\pm 1,1$	39,1	39,5	4,59
1 in	25,0	$\pm 0,8$	26,1	26,4	3,80
¾ in	19,0	$\pm 0,6$	19,9	20,1	3,30
½ in	12,5	$\pm 0,39$	13,10	13,31	2,67
⅜ in	9,5	$\pm 0,30$	9,97	10,16	2,27
¼ in	6,3	$\pm 0,20$	6,64	6,78	1,82
N°4	4,75	$\pm 0,15$	5,02	5,14	1,54
N°8	2,36	$\pm 0,080$	2,515	2,60	1,00
N°12 ^[2]	1,7	$\pm 0,060$	1,820	1,890	0,810

[1] El diámetro promedio de los alambres que formen cualquier malla no variará de los valores nominales en más de 5%.

[2] Esta malla sólo se usará para el lavado del material posteriormente al tratamiento de degradación, por lo que no se incluye en la obtención de la granulometría del material.

D.4. HORNO

Eléctrico o de gas, con capacidad suficiente para contener la muestra, ventilado, con termostato capaz de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

D.5. BALANZA

Con capacidad de 20 kg y aproximación de 0,1 g.

D.6. MÁQUINA AGITADORA PARA LAS MALLAS

De acción mecánica, activada por un motor eléctrico o manivela de velocidad constante, mediante el cual se transmita un movimiento excéntrico controlado a un plato de soporte, sobre el que se sujeten las mallas en orden descendente.

D.7. CUCHARÓN

De acero galvanizado de 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un cajón rectangular con cuatro caras, cuya cara menor tenga un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

D.8. CHAROLAS

De lámina galvanizada, con forma rectangular de aproximadamente 40 × 70 × 20 cm.

D.9. AGUA

Potable.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de agregados pétreos, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos*, se hace de la siguiente manera:

E.1. De la muestra del material envasado que se recibe en laboratorio, se disgrega de forma manual el material que presente grumos, teniendo la precaución de no fragmentarlo por la presión aplicada. Hecho lo anterior, se reduce del tamaño de la muestra mediante cuarteo hasta obtener una muestra de aproximadamente 40 kg, como se describe a continuación:

E.1.1. Sobre una superficie limpia o una charola, una vez que el material está disgregado, se apila hasta formar un cono.

E.1.2. Desde el eje del cono y hacia la periferia se extiende el material hasta formar un cono truncado de 15 a 20 cm de altura.

E.1.3. Se divide el cono truncado en cuatro partes iguales, de las cuales se toman dos cuartos opuestos para formar una muestra de aproximadamente 40 kg; en caso de exceder esta masa, se procede a reducir la cantidad de material mediante cuarteos sucesivos.

E.2. La muestra resultante se lava mediante un chorro de agua para eliminar el polvo adherido y posteriormente se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante.

E.3. Considerando el arreglo de mallas indicado en la Tabla 1 de este Manual, el material de la muestra se separa y clasifica obteniendo su granulometría, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Manual M-MMP-2-02-020, *Granulometría de Agregados Pétreos*, eliminando el material que pase la malla No. 8 (2,36 mm).

F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

F.1. Una vez separado y clasificado el material de la muestra, de la Tabla 2 de este Manual se elige el tipo de composición que se utilizará para integrar la muestra de prueba, que mejor se asemeje a las características granulométricas obtenidas como se indica en la Fracción E.3. de este Manual.

F.2. Se integra la muestra de prueba con las proporciones correspondientes a cada rango de tamaños, de acuerdo con las cantidades indicadas en la Tabla 2 de este Manual.

F.3. Se obtiene la masa de la muestra de prueba integrada, registrándola como P_i , con aproximación de 0,1 g y se introduce a la máquina de Los Ángeles.

F.4. De acuerdo con lo indicado en la Tabla 2 de este Manual, se define la cantidad de esferas requeridas y se verifica que su masa total cumpla con lo establecido en dicha Tabla. Hecho lo anterior, se introducen las esferas a la máquina de Los Ángeles y se hace funcionar a una velocidad angular de 30 a 33 rpm, durante 500 revoluciones para las composiciones de las muestras de prueba A, B, C, y D; y 1 000 revoluciones para las composiciones de las muestras de prueba E, F y G.

TABLA 2.- Composición de la muestra de prueba y cargas abrasivas

Tipo de composición de la muestra de prueba	Rango de tamaños		Masa de la fracción g	Carga abrasiva	
	mm	Designación		Número de esferas	Masa total g
A	25 - 37,5	1 - 1½ in	1 250 ± 25	12	5 000 ± 25
	19 - 25	¾ in - 1 in	1 250 ± 25		
	12,5 - 19	½ in - ¾ in	1 250 ± 10		
	9,5 - 12,5	⅜ in - ½ in	1 250 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
B	12,5 - 19	½ in - ¾ in	2 500 ± 10	11	4 584 ± 25
	9,5 - 12,5	⅜ in - ½ in	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
C	6,3 - 9,5	¼ in - ⅜ in	2 500 ± 10	8	3 330 ± 20
	4,75 - 6,3	N°4 - ¼ in	2 500 ± 10		
	Masa total de la muestra de prueba		5 000 ± 10		
D	2,36 - 4,75	N°8 - N°4	5 000 ± 10	6	2 500 ± 15
E	63 - 75	2½ in - 3 in	2 500 ± 25	12	5 000 ± 25
	50 - 63	2 in - 2½ in	2 500 ± 25		
	37,5 - 50	1½ in - 2 in	5 000 ± 25		
	Masa total de la muestra de prueba		10 000 ± 10		
F	37,5 - 50	1½ in - 2 in	5 000 ± 25	12	5 000 ± 25
	25 - 37,5	1 in - 1½ in	5 000 ± 25		
	Masa total de la muestra de prueba		10 000 ± 10		
G	25 - 37,5	1 in - 1½ in	5 000 ± 25	12	5 000 ± 25
	19 - 25	¾ in - 1 in	5 000 ± 25		
	Masa total de la muestra de prueba		10 000 ± 50		

F.5. Se retira el material del interior de la máquina depositándolo en una charola. Se desecha la fracción de la muestra de prueba que pase la malla N°12 (1,7 mm de abertura), para lo que se puede hacer pasar el material por todas las mallas indicadas en la Tabla 1 de este Manual. Una vez desechado el material menor de 1,7 mm, se lava la muestra de prueba con un chorro de agua y se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante.

F.6. Finalmente se deja enfriar la muestra de prueba a temperatura ambiente, para determinar su masa con aproximación de 0,1 g, registrándola como *Pf*.

G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Se calcula y reporta como resultado de la prueba, la degradación por trituración, utilizando la siguiente expresión:

$$P_a = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

Donde:

P_a = Degradación por trituración mediante la máquina de Los Ángeles, (%)

P_i = Masa inicial de la muestra de prueba, (g)

P_f = Masa final del material de la muestra de prueba mayor de 1,7 mm (malla N°12), (g)

H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- H.1. Que la prueba se realice en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire que puedan provocar la contaminación de la muestra de prueba con otras partículas.
- H.2. Que la muestra haya sido lavada de tal manera que quede libre de material fino adherido y esté perfectamente seca al momento de efectuar los cribados.
- H.3. Que todo el equipo esté perfectamente limpio y funcional. Especialmente las mallas estarán limpias y sin indicios de falla, es decir, que los hilos presenten aberturas uniformes y no estén dañados ni rotos.
- H.4. Que la máquina de Los Ángeles esté perfectamente limpia y libre de residuos de material en su interior, que el mecanismo de control de revoluciones trabaje correctamente y que la placa radial cumpla con las dimensiones indicadas en la Fracción D.1. de este Manual.
- H.5. Que las esferas cumplan con las dimensiones y masas indicadas en la Tabla 2 y la Fracción D.2. de este Manual, respectivamente.
- H.6. Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- H.7. Que el horno esté limpio y completo en todas sus partes y que su termostato trabaje correctamente.
- H.8. Cuidar que la muestra de prueba esté integrada conforme a alguna de las composiciones indicadas en la Tabla 2 de este Manual.

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
AV. COYOACÁN 1895
COL. ACACIAS
CIUDAD DE MÉXICO, 03240
WWW.GOB.MX/SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
NUEVA YORK 115, 4o PISO
COL. NÁPOLES
CIUDAD DE MÉXICO, 03810
WWW.IMT.MX
NORMAS@IMT.MX